BALDONES VIDUSSKOLA

WI-FI MARŠRUTĒTĀJU MIKROVIĻŅU STAROJUMA IETEKME UZ AUGIEM

ZINĀTNISKI PĒTNIECISKAIS DARBS FIZIKĀ

Autori: Baldones vidusskolas 11. klases skolēni
Lauris Dūzelis, Modris Vonda

Darba vadītājs: Baldones vidusskolas fizikas skolotājs
Mag. Phys., Dr. sc. Administr. Imants Gorbāns

BALDONE

2017

ANOTĀCIJA

Darba mērķis bija izpētīt, kā mikroviļņi ietekmē augu attīstību to pirmajos mēnešos pēc iesēšanas. Viens no spēcīgākajiem mikroviļņu starojumu avotiem mājās, skolā, birojos ir bezvadu tīklu jeb *Wi-Fi* maršrutētāji un piekļuves punkti, kuru kļūst aizvien vairāk, tāpēc ir ļoti aktuāli zināt, kā tieši to starojums ietekmē dzīvus organismus. Darbā eksperimenti tika veikti ar 6 dažādiem augiem divos atkārtojumos, mērot starojuma stiprumu un vasas parametrus. Rezultāti rāda, ka *Wi-Fi* maršrutētāju starojums būtiski pasliktina augu augšanu, attīstību un pēkšņa sausuma izturību nelielos attālumos no mikroviļņu starojuma avota (0,5 m; -30 dBm). Neliela ietekme konstatējama līdz aptuveni 4 m attālumam, bet tālāk, aptuveni 6 m attālumā (-46 dBm) novietotiem augiem būtiska ietekme netika konstatēta. Autori pieļauj, ka šos rezultātus var aptuveni attiecināt arī uz cilvēkiem. Kā darba rezultāts sabiedrībai tiek piedāvāts ieteikums mikroviļņu avotus, piemēram, sadzīves *Wi-Fi* maršrutētājus, novietot tālāk kar 4 metriem no darba un gultas vietām un lieki neieslēgt uz maksimālo jaudu.

Darbs izstrādāts Baldones vidusskolā no 15.09.2016. līdz 17.02.2017.

Atslēgvārdi: mikroviļņi, *Wi-Fi*, maršrutētājs, starojuma stiprums, ietekme, augi, augšana, dBm.

ABSTRACT

The aim of the research paper „ The impact of Wi –Fi router microwave radiation on plants” is to study how microwaves influence the development of plants in the first months after sowing. One of the most powerful sources of microwave radiatin at homes, schools, offices is a wireless network or Wi-Fi routers and access points that are being used more and more , thus, it is significant and urgent to know their impact on living organisms. In the practical part of the research paper the experiments with six different plants have been made duplicating them, measuring signal strength and parameters of tiller. The results illustrate that the radiation of wireless routers essentially deteriorate the growth of plants as well as sudden drought resistance in small distances (0,5 m; -30 dBm) from microwave radiation source. A small impact has been ascertained at approximately 4 m distance, however, at 6 m distance (-46 dBm) an essential impact was not stated. The authors suppose these results may be related to humans as well. As a result, the authors propose to install microwave sources at more than 4 meters distance from workplaces or relaxation places and not to turn maximum power on.

This work was developed in place from 15.09.2016. till 17.02.2017.

Key words: microwave, Wi-Fi, router, impact, plants, growth, dBm.

SATURS

IEVADS

Elektroniskās bezvadu ierīces mūsdienās ir plaši izplatītas, tās katru dienu atrodas cilvēka tuvumā, bez tām mūsu dzīve ir grūti iedomājama. Katra elektroierīce izstaro elektromagnētiskos viļņus, jaudīgākie sadzīvē sastopamie starojuma avoti darbojas mikroviļņu diapazonā. Šim starojumam katru dienu tiek pakļauts cilvēks un apkārtējā vide. Viens no visspēcīgākajiem mikroviļņu starojumu avotiem ir bezvadu tīklu jeb *Wi-Fi* maršrutētāji un piekļuves punkti, tāpēc ir ļoti aktuāli zināt, kā tieši to starojums ietekmē dzīvus organismus. Pētījuma autori vēlas parādīt sabiedrībai mīta par mikroviļņu nekaitīgumu nepamatotību un atrast drošas *Wi-Fi* ierīču lietošanas nosacījumus. Tā kā skolā eksperimenti ar skolēnu veselību nav vēlami, tad darbā tiek pētīta mikroviļņu ietekme uz vairākiem augiem to dīgšanas un pirmo mēnešu attīstības periodā.

Pētījuma mērķis

Izpētīt, kā bezvadu maršrutētāju mikroviļņu starojums ietekmē augu attīstību.

Pētījuma uzdevumi

- Pētīt, kā bezvadu tīkla *Wi-Fi* maršrutētāja starojums ietekmē augu attīstību atkarībā no attāluma un līdz ar to – starojuma signāla stipruma.
- Noteikt sadzīves *Wi-Fi* maršrutētāju drošas lietošanas attālumu.

Pētījuma jautājumi

- Vai bezvadu *Wi-Fi* maršrutētāja izstarotie mikroviļņi būtiski ietekmē augu dīdzību, vasas un sakņu attīstību.
- Cik liels mikroviļņu starojuma stiprums varētu tikt uzskatīts par kaitīgu.
- Vai mikroviļņu summārais starojums daudzdzīvokļu mājās var būt kaitīgs veselībai.

Pētījuma hipotēze: Sadzīves *Wi-Fi* maršrutētāju mikroviļņu starojums nelielos attālumos ir kaitīgs dzīvajam, bet ir iespējama arī droša *Wi-Fi* lietošana.

Tika veikts eksperiments, kurā 6 dažādi augi – saulespuķe, astere, kliņģerīte, tomāts, redīss, biete – tika audzēti gan mikroviļņu tiešā ietekmē, gan tālāk un tālu no mikroviļņu avota. Lai minimizētu varbūtēju blakus faktoru ietekmi, eksperiments tika atkārtots divas reizes, mainot vietas. Par mikroviļņu avotu tika izmantoti divi sadzīves *Wi-Fi* maršrutētāji, eksperiments tika veikts skolas fizikas kabinetā aptuveni 4 mēnešus. 2. pielikumā dotie fotoattēli parāda būtisku starojuma ietekmi, kas redzama “uz aci”, un, protams, arī mērījumu datos. Darbam ir vairāki skaitliski rezultāti, kā arī ir atrisināts neliels oriģināls uzdevums kā aprēķināt visu *Wi-Fi* kanālu signālu stiprumu summu, līdz ar ko varam norādīt arī relatīvi drošu *Wi-Fi* signālu stiprumu (-46 dBm) un vēlamo attālumu no maršrutētāja – tālāk kā 4 m (+/- 7%).

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Mikroviļņi

1.1.1. Mikroviļņu jēdziens

Mikroviļņi ir elektromagnētiskais starojums ar viļņa garumu no 1 m (dažos avotos no 0,3 m) līdz 1 mm un atbilstošo frekvenci 0,3–1 GHz – 300 GHz (pēc formulas $c = \lambda \cdot f$, kur c – gaismas ātrums, λ – viļņa garums un f – frekvence). Mikroviļņi būtībā ir īsākie radioviļņi. 20. gadsimta 30. gados pētījumu par mikroviļņu izmantošanu sāka ASV un citu attīstīto valstu valdību iestādes un privātās kompānijas. Noskaidrojās, ka ar mikroviļņiem iespējams veikt daudz precīzākas pārraides, nodrošinot, salīdzinājumā ar garākiem viļņiem, lielāku datu joslas platumu, lielu kanālu skaitu. Pirmie mikroviļņu sakaru tīkli, kas nodrošināja daudzkanālu informācijas pārraidīšanu lielos attālumos, ASV parādījās 50. gados. Līdz tam mikroviļņu sniegtās iespējas visplašāk izmantoja radaru izveidē, kas kļuva nozīmīgi Otrā pasaules kara laikā un tam sekojošajā aukstā kara laikā (Siliņa, 2009; Puķītis, 2013). Vārda „mikroviļņi” daļa „mikro” neapzīmē tieši viļņu garumu (tie nav mikrometri), bet gan to, ka šie viļņi ir samērā īsa viļņa garuma, salīdzinot ar citiem radioviļņiem. Dažreiz mēdz teikt, ka mikroviļņi ir nejonizējoša radiācija.

1.1.2. Mikroviļņi mājās, skolā, birojā, tehnikā

Mūsdienās ir plaši izplatītas elektroniskās ierīces, kuras nepārtraukti atrodas cilvēka tuvumā, tām ir liela nozīme visā pasaulē, tās paplašina cilvēka iespējas, piemēram, sazināšanās ar mobilā telefona palīdzību ir daudz ātrāka nekā ar pasta palīdzību.

Mikroviļņus sākumā lietoja radariem un lieto joprojām, jo ar mazāku viļņa garumu var sasniegt labāku izšķirtspēju. Mikroviļņus plaši izmanto komunikācijā, tiek izmantoti dažādi viļņu garumi. Jo lielāks viļņa garums, jo lielāks attālums, kurā var notikt saziņa (labāka apliekšanās ap šķēršļiem), bet šaurāks datu pārraides joslas platums (sadzīves terminoloģijā – “mazāks interneta ātrums”). Mikroviļņi ir izdevīgi sakariem, jo ar tiem ir iespējams šaurākos frekvenču kanālos pārraidīt vairāk informācijas nekā ar garākiem radioviļņiem, ir iespējama frekvenču atkārtota izmantošana, mazi antenu izmēri.

Mikroviļņus izmanto kosmisko kuģu sakariem, lielā daļā pasaules pārraidāmo datu, TV, telefonu sakariem, mikroviļņu krāsnīs, radaru tehnoloģijās u.c. Plašāk pazīstamo mikroviļņu ierīču izmantotās frekvences (IEEE, 2017; Liptai, Moravec, Badida, 2013):

a) mikroviļņu krāsns: 2.45 Ghz,

b) *Bluetooth*: 2.45 Ghz,

c) HIPERLAN: 5.8 Ghz,

d) IEEE 802.11/*Wi-Fi*: 2,4 GHz, GHz un 5.8 GHz,

e) bezvadu sensoru tīkli (gudrās mājas u.tml.): 915 MHz un 2.45 Ghz,

f) bezvadu lokālie datortīkli un bezvadu telefoni: 915 MHz, 2.45 GHz, 5.80 GHz,

g) radiofrekvenču identifikācijas kartes (RFID, biometriskās pases, bezkontakta kartes, NFC): visbiežāk izmanto 13.56 Mhz,

i) infrasarkano staru ports (IR): ~$3 \cdot 10^{14}$ Hz (850-900 nm).

Kā redzams, visplašāk izmantotās mikroviļņu frekvences ir 2,4 un 2,45 GHz. Eksperimentam tika izvēlēti bezvadu maršrutētāji (angļu v. *router*), kas izmanto šo frekvenci. Līdz ar to eksperimenta rezultāti būs attiecināmi uz visām ierīcēm, kas izmanto kanālus ar aptuveni šo frekvenci.

1.2. Bezvadu tīkli jeb *Wi-Fi*

1.2.1. Bezvadu tīklu vispārīgs raksturojums

Wi-Fi tehnoloģija izmanto radio viļņus mikroviļņu diapazonā. *Wi-Fi* savienojums datora pusē tiek izveidots, izmantojot datora bezvadu adapteri vai bezvadu tīkla karti. Pakalpojuma sniedzēja pusē ir bezvadu maršrutētājs vai piekļuves punkts. Sadzīvē aktuālais bezvadu tīklu standarts IEEE 802.11 izmanto mikroviļņus ar frekvencēm aptuveni 900 Mhz, 2.4, 3.6, 5,8, 60 GHz, no kurām visbiežāk joprojām izmanto 2,4 GHz (IEEE, 2017).

Lielākā priekšrocība *Wi-Fi* ir tā, ka tas ir saderīgs ar gandrīz katru operētājsistēmu un cilvēki ar savām ierīcēm var savienoties ar tīklu, internetu gandrīz visur: mājās, darbā, bibliotēkās, skolās, lidostās, viesnīcās un pat dažos restorānos; var savienot dažādas ierīces, piemēram, datorus, mobilos tālruņus, planšetdatorus, gudrās apkures krāsnis un viedo māju iegultās ierīces, sensoru ierīces u.c. ar internetu, neizmantojot kabeļus.

Bezvadu tīkli tipiski tiek raidīti 2,4 GHz frekvencē, kas īstenībā ir frekvenču josla no tipiski 14 kanāliem. Lai dažādi bezvadu tīkli viens otram netraucētu, ir svarīgi, lai tuvumā esošie maršrutētāji neraidītu divus vai vairāk tīklus vienā kanālā. Šajā darbā arī tika izvēlēts katrs tīkls savā kanālā. Šādi *Wi-Fi* mikroviļņu starojumi ir nekoherenti. Tehniskajā literatūrā tipiski aplūko, kā aprēķināt kanāla signāla stipruma atšķirību no fona trokšņiem, kas ir aktuāli kvalitatīvas datu pārraides nodrošināšanai (CISCO, 2017), bet autori sastapās ar nelielu oriģinālu uzdevumu atrast visu kanālu signālu stiprumu summu, ko šajā darbā izdevās atrisināt.

1.2.2. Bezvadu signālu stiprums, dBm

Bezvadu signālu stiprumu mēra decibel-milivatos, dBm. Pēc būtības dBm raksturo starojuma jaudu dotajā attālumā no avota logaritmiskā (dB) skalā. Eksistē arī decibel-vati dBW, bet mikroviļņu mazās jaudas dēļ piemērotāk ir mērīt dBm. Tā kā šai vienībai ir saistība ar vatu (W), tad dBm var uzskatīt par mērvienību atšķirībā no skaitļa pieraksta formas dB.

0 dBm atbilst jaudai 1 mW, bet pieaugums uz 10 dB nozīmē 10 reizes lielāku jaudu. Signāla stiprumu *I* (dBm) ar signāla jaudu *P* (mW) saista sakarība

$$I = 10\ lg(P/1\ mW)\ .$$

Ar lg() apzīmēsim $\log_{10}()$. Tātad, relatīvi pret 1 mW. Signāla stiprums šeit maziem signāliem sanāk negatīvs skaitlis, un, tuvojoties nullei, signāls kļūst stiprāks, mēdz būt arī spēcīgi signāli, kuru stiprums dBm ir pozitīvs. (Support.Bluesound, 2016). Daži mikroviļņu signāli stipruma piemēri, kas palīdz saprast dBm jēgu:

- *Blutooth* 1 m attālumā – 0 bBm,
- ideāls bezvadu signāls – –-10 dBm līdz -60 dBm,
- **labs signāls – -61 dBm līdz -75 dBm**,
- ierīces uzrāda 50 % Wi-Fi – -65 dBm,
- apmierinošs signāls – -76 dBm līdz -95 dBm,
- vājākais uztveramais Wi-Fi signāls – -100 dBm,
- GPS satelītu signāls – -127,5 dBm,
- vājš signāls (1%) – zem -95 dBm,
- 100% bezvadu signāls – -35 dBm vai stiprāks,
- -∞ – signāla nav.

1.3. Pētījumi pasaulē par mikroviļņu kaitīgumu

Kopš *Wi-Fi* ieviešanas 1997.gadā pasaulē ir veikti vairāki pētījumi par mikroviļņu ietekmi uz cilvēka veselību un to kaitīgumu, taču pastāv arī uzskats, ka nav pārliecinoši pierādīts, ka mikroviļņi rada tiešus draudus cilvēka veselībai, netiek minēti konkrēti skaitliski ieteikumi drošai *W-Fi* lietošanai. Daži rezultāti ir šokējoši, ka *Wi-Fi* var negatīvi ietekmēt smadzeņu un vispārējo veselību. Tomēr paniku celt nevajag – tehnoloģijas ir jāizmanto, tikai jāatrod drošas izmantošanas nosacījumi, jo ieteikums nelietot vispār nav derīgs.

2008.gadā žurnālā „*Scientific American*” bija raksts „*Mind Control by Cell Phone*”, kurā norādīts, ka *Wi-Fi* rada draudus cilvēka smadzeņu veselībai. (Edward, 2015).

Austrālijā, Melburnā, smadzeņu institūtā *Swinburne University of Technology* tika veikts pētījums, kurā tika pārbaudīts, vai mobilo telefonu pārraides var ietekmēt cilvēka smadzenes.

Pētnieki uzraudzīja 120 veselu vīriešu un sieviešu, kuriem pie galvas tika piestiprināti vieni no pasaules populārākajiem telefoniem. Dati liecina, ka tad, kad mobilais tālrunis bija pārraides stāvoklī, smadzenēs bija ievērojami palielinājusies alfa viļņu aktivitāte, tas liecina, ka mobilais tālrunis ir atbildīgs par novēroto iedarbību. Pētījuma nozīmi zinātnieki paskaidroja šādi: lai gan mobilo telefonu jauda ir zema, tomēr elektromagnētiskajam starojumam var būt ietekme uz veselību. Ņemot vērā, ka elektromagnētisko starojumu izstaro visa veida elektroniskās ierīces, mūsu modernajā pasaulē ietekme uz veselību var būt lielāka (Douglas, 2008).

Lai neizbrīnītu, ka ne īpaši spēcīgi elektromagnētiskie signāli var ietekmēt cilvēka smadzeņu darbību, jāpiebilst, ka arī cilvēka iekšējie elektriskie signāli arī ir relatīvi vāji (Sircus, 2016).

Mobilie telefoni, *Wi-Fi* maršrutētāji, *Bluetooth* ierīces izstaro nejonizējošu radiāciju mikroviļņu formā. Visbīstamāk atrasties šāda starojuma tuvumā ir bērniem un jauniešiem. Kādā pētījumā tika atklāts, ka meitenei, kura savu mobilo telefonu turēja savā krūšturī, atklāja palielinātu risku saslimt ar krūts vēzi. Pasaules Veselības Organizācija *Wi-Fi* signālu iedalījusi pie B2 klases kancerogēniem, tas nozīmē, ka to neuzskata par kancerogēnu, taču tam ir jāveic papildu izmeklējumi, kuros par to vēl ir nepieciešams pārliecināties (Hui, Marion 2015).

Ziņojumi par miega traucējumiem pēc *Wi-Fi* lietošanas pirms miega arī ir bieži. 2007. gadā tika veikts pētījums, kurā tika pētīta mobilo tālruņu zemas frekvences signāla ietekme uz miegu. Pētījuma dalībnieki tika pakļauti elektromagnētiskajiem signāliem no reāliem mobilajiem tālruņiem, kuri tiek lietoti ikdienā. Pētījumā tika secināts, ka dalībniekiem bija ievērojami grūti aizmigt un tam bija vajadzīgs ilgāks laiks. Tika noskaidrots, ka gulēšana mobilā tālruņa tuvumā, mājā ar *Wi-Fi* vai daudzdzīvokļu ēkās ar daudziem *Wi-Fi* signāliem var radīt hroniskas miega problēmas. Daudziem negulēšana ir tikai sākums lielākām problēmām, piemēram, depresijas vai hipertensijas attīstībai, kas arī ir saistīta ar bezmiegu (Edward, 2015).

Interesants un neviennozīmīgi vērtējams ir piecu Dānijas 9. klases skolnieču eksperiments. Meitenes ievēroja, ka, ja viņas gulēja ar galvu mobilā tālruņa tuvumā, tad nākamajā dienā viņām bija grūti koncentrēties skolā. Skolnieces novietoja sešas paplātes ar kressalātiem telpā bez starojuma un sešas paplātes ar kressalātiem telpā, kurā bija *Wi-Fi* maršrutētāji. 12 dienu laikā paplātes ar kressalātiem tika novērotas, kressalātu sēklas, kuras bija telpā ar diviem maršrutētājiem, neizauga, daudzas sēklas bija pilnīgi mirušas. Kressalātu sēklas, kuras bija telpā bez starojuma, uzdīga (Edward, 2015). Šis eksperiments rada izbrīnu ar savu pārlieku spēcīgo rezultātu, tāpat nav skaidrs, vai blakus faktori abās telpās bija vienādi, nav atkārtojamības. Šī darba autoru eksperimentā tika nolemts atbildēt uz šeit neskaidriem

palikušajiem jautājumiem un iegūt vairāk par pašu faktu – skaitliskus datus un korektus ieteikumus.

Tika veikts vēl kāds pētījums par ilglaicīgu apstarošanu ar visbiežāk lietojamajām *Wi-Fi* ierīcēm, kurā tika izmantotas žurkas. Pētījuma mērķis bija atklāt, vai ilgtermiņa apstarošana var radīt DNS bojājumus dažādos audos, piemēram, nierēs, aknās, smadzenēs un ādas audos. Rezultātā konstatēts, ka ilgtermiņa apstarošana ietekmē DNS bojājumus, bet ļoti nenozīmīgi, tāpēc var secināt, ka ilgtermiņa apstarošana tomēr varētu izraisīt potenciālu risku DNS bojājumiem. (Akdag, Dasdag, 2016). Līdzīgus rezultātus apraksta arī citi pētījumi (Nazıroğlu, Yüksel, 2013).

Kāda zinātnisko rakstu datu bāzē *Springer* atrodama pētījumu rezultāti atklāja, ka 2.4 GHz radiostarojuma emisija no *Wi-Fi* ierīces ietekmē sēklinieku funkciju un histoloģiju. Tika ierosināts izvairīties no ilgtermiņa *Wi-Fi* starojuma. Jo īpaši, vairāk uzmanības jāpievērš bērniem un pusaudžiem, kas ir bieži Wi-Fi lietotāji (Dasdag, Taos, 2015).

Wi-Fi var radīt tādas veselības problēmas kā miega traucējumus, reproduktīvās sistēmas traucējumus, galvassāpes, troksni ausīs, augstu asinsspiedienu, endokrīnās sistēmas traucējumus, DNS bojājumus, Alcheimera slimību un vēzi. Autori uzskata, ka elektromagnētiskais lauks, ko izstaro ierīces (mobilie tālruņi, *Wi-Fi* maršrutētāji un MRI skenēšana) ir radījis samazinātu sēklinieku svaru, spermas kvalitāti un daudzumu (Bhavanarayana, Basha, 2014).

Pasaulē uz aptuveni 7 miljardiem cilvēku ir aptuveni 5 miljardi mobilo telefonu lietotāju (2010. g.), kas izraisa „piesārņojumu” ar dažādiem mikroviļņiem, kas negatīvi ietekmē īpaši bērnu veselību (Markov, Grigoriev, 2013).

No literatūras studijām varam secināt, ka mikroviļņu kaitīgā ietekme uz cilvēkiem, dzīvniekiem un augiem ir konstatēta vairākos pētījumos kā fakts, tomēr tie nedod konkrētus skaitliskus datus un rekomendācijas, kas noderētu mājās, skolā, birojos. Šajā pētījumā tad autori no sava skata punkta centāmies mazināt nekonkrētību par šiem jautājumiem. Savukārt, atrastie medicīnas pētījumi par mikroviļņu kaitīgumu cilvēkiem, ļauj mums uzskatīt, ka mūsu rezultāti, kas iegūti uz augiem, kaut kādā mērā varētu būt attiecināmi arī uz cilvēkiem, saprotot, ka precīzi skaitliskie dati cilvēkiem un augiem ir kādā mērā atšķirīgi.

2. EKSPERIMENTA APRAKSTS, MATERIĀLI, METODES

2.1. Sagatavošanās, augu audzēšanas un mērījumu metodika

Eksperiments tika sākts septembra vidū ar plānošanu. 2016. gada 22. septembrī tika iesēts pirmais audzējums, kurā tika iesētas 3 puķes (saulespuķes, kliņģerītes un asteres) un 3 dārzeņi (tomāti, bietes, redīsi). Sēklas tika iesētas kūdras augsnē speciālos stādu trauciņos un kārtīgi aplaistītas. Katrā trauciņā tika iestādīts noteikts vienāda izskata sēklu skaits, lai varētu noteikt dīdzību. Sēklu skaitu noteica pieejamie resursi, un tas bija 4. Līdz ar to 4 palodzēm pa 10 podiņiem 2 atkārtojumos (6 podiņi pirmajā audzējumā un 4 – otrajā) tika sameklētas katra auga vismaz 32 par vienādām uzskatāmas sēklas. Sēklas tika ņemtas gan no vecāku mājsaimniecībām, gan izpalīdzēja arī dažas skolotājas. Eksperimenta analīzei tika izmantoti 4 palodžu rezultāti, 5. palodze bija kontrolstādījums fizikas laboratorijas telpā, un tajā augšanas rezultāti neatšķīrās no labākajiem klasē.

Stādu trauciņi tika salikti biroja papīru plastikāta kastītēs, zem podiņiem liekot papīra dvieļa fragmentu, kas lietderīgi no laistīšanas viedokļa, nenopludinot palodzi, bet neliels vienāds ūdens daudzums visās kastītēs nodrošināja vienādus mitruma apstākļus visiem stādiem. Skolas fizikas kabinetā, kurā ir četras palodzes, visas 4 kastītes ar trauciņiem tika novietotas uz palodzēm pa vienai uz palodzes, pa trīs trauciņiem vienā kastītē uz katras palodzes. Vienas telpas galā uz 1. palodzes malas bija novietoti divi parasti sadzīves *Wi-Fi* maršrutētāji (*Linksys WRT54G3G ver1.1 un Linksys WRT54G ver.7*) tā, lai to starojums pa gaisu varētu sniegties līdz visām palodzēm (skat. kopskata foto 2. pielikumā). Katra nākamā palodze atradās tālāk un tālāk no maršrutētājiem, attālums no stādu kastīšu centriem līdz maršrutētāju antenām tika mērīts.

Visi augi tika rūpīgi kopti un uzraudzīti, laistot, mērot un fotografējot katru nedēļu. Mērījumi tika veikti ar lineālu, mērot ar 0,5 cm precizitāti (jo šķita, ka ir grūti ar 1 mm precizitāti novērtēt, kur sākas un beidzas auga virszemes daļa), visi dati tika pierakstīti fizikas kladē. Jau nedēļas laikā sēklas uzdīga. Pēc četrām nedēļām bija savākti četri mērījumi, kuri tika apkopoti *Microsoft Excel* tabulā. Gan pēc apkopotajiem datiem, gan pēc fotogrāfijām vēlāk bija pamanāms, ka tie augi, kuri atradās tuvāk maršrutētājiem, bija īsāki un mazākā skaitā izdīguši nekā tie, kuri bija tālāk no mikroviļņu starojuma, kuru rada *Wi-Fi* maršrutētāji.

No 13. līdz 20. oktobrim augi piedzīvoja nejaušu sausuma periodu, kas autoriem devu papildus atklājumu – lielākā daļa augu novīstot saruka savos izmēros, jo tiem nebija ļoti nepieciešamā ūdens. Šajā periodā daži augi iznīka un pēc laistīšanas atsākšanas neatkopās. Šis posms arī bija ļoti nozīmīgs pētījumā, jo tajā varēja novērot, kā mikroviļņi ietekmē augu

izdzīvošanas spējas grūtākos apstākļos – maršrutētājiem vistuvākajā kastītē augi praktiski iznīka.

27. oktobrī tika veikti pēdējie mērījumi pirmajam audzējumam. Šajos mērījumos bija skaidri redzams, ka mikroviļņi ir būtiski ietekmējuši augus, jo citādi tie bija auguši iespēju robežās pilnīgi vienādos apstākļos, tikai starojums bija citādāks pie katras palodzes, kur augi auga. Šajā datumā iegūtajiem rezultātiem arī vēlāk tika veikta datu apstrāde. Tika izrēķināta dīdzība, cik no četrām sēklām augi bija izdīguši un izauguši (% no iesētajām sēklām), un izrēķināti augu vidējie garumi pirms sausuma perioda un eksperimenta beigās.

Lai pārliecinātos, ka iegūtais rezultāts pirmajā mēģinājumā nav nejaušība, eksperiments tika atkārtots, mainot izvietojumu. Pirmā stādījuma augi netika izmesti, bet tiem blakus tika novietoti dēstu podiņi ar atkārtoti iestādītām sēklām (tā nebija parasta sēšana, bet rūpīga sēklu novietošana augsnē). Abi maršrutētāji tika pārvietoti uz otru telpas galu, tāpat tika mainītas vietām kastītes ar augiem (saglabājot tuvāk starojuma avotam tās, kas sākotnēji bija tuvāk), lai pārliecinātos, ka iegūtie rezultāti pirmajā eksperimentā bija mikroviļņu starojuma dēļ, nevis citu iemeslu, piemēram, apgaismojuma, vēdināšanas, temperatūras, dēļ. Otrajā mēģinājumā tika iesēti tikai četri augi (2 puķes un 2 dārzeņi) un veikti trīs mērījumi (resursu un laika trūkuma dēļ). Abu mēģinājumu visu augu fotogrāfijas dotas 2. pielikumā. Otrais audzējums tika uzsākts 10. novembrī. 9. decembrī otrais audzējums beidzās, un šajā datumā arī tika veikta augu vasas un sakņu mērīšana un fotografēšana (skat. 4. pielikumu).

Otrajā eksperimentā tika apstiprināts pirmā mēģinājuma (audzējuma) rezultāts, kas lika pamatoti aizdomāties par mikroviļņu kaitīgumu, jo rezultātiem bija novērojama laba atkārtojamība. Tātad palodžu izvēlei un blakus faktoriem nebija būtiskas ietekmes uz eksperimentu.

Otrajā mēģinājumā uz 1. palodzes jau ļoti ilgu laiku atradās nezināma nosaukuma puķe podiņā. Saņēmusi starojumu pusotra mēneša garumā, tā būtiski nemainījās, tikai kļuva nedaudz dzeltenīgāka (krāsa tika novērtēta subjektīvi „uz aci”). Tātad, starojums visvairāk ietekmē augus tieši to dīgšanas un augšanas procesā, bet maz ietekmē jau izaugušus augus. Iespējams, šo atziņu var kādā mērā ekstrapolēt arī uz cilvēkiem.

2.2. Mikroviļņu starojuma mērījumu metodika

Mikroviļņu starojums tika mērīts ar *xUbuntu* Linux operētājsistēmā pieejamu bezvadu tīklu atklāšanas programmu *LinSSID*, kā arī tika veikti kontrolmērījumi ar mobilo telefonu lietotni *WiFi Analyzer Android* un *Windows 10 Mobile* mobilajās operētājsistēmās. *LinSSID*

uzrāda slēptos kanālus, un to autori atzina par ērtāku, tādēļ ar *LinSSID* arī tika veikti darbā publicētie mērījumi.

Ar programmu *LinSSID* tika veikti 18 mērījumi pie katras palodzes, kur bija novietoti stādi, tika pierakstīts attālums no maršrutētājiem un starojuma stiprums vienībās dBm. Lai noteiktu precīzāku mikroviļņu starojumu, tika izrēķināta 18 mērījumu vidējā vērtība, jo katra mikroviļņu kanāla līmenis laika gaitā nedaudz svārstījās, iespējams, nozīme bija tam, ka skolā vairāki raidītāji raida vienos un tajos pašos bezvadu kanālos. Eksperimentā tika ņemts vērā, ka koridorā virs fizikas kabineta durvīm ir divi skolas tīkla bezvadu maršrutētāji.

Tātad, augi saņēma divu spēcīgāku *Wi-Fi* kanālu (autoru izveidoto) starojumu un divu vājāku skolas tīkla kanālu (tālāki maršrutētāji, aptuveni 8 m un caur mūra sienu) starojumu. Skolas tīkla kanālu starojums pie visiem 4 logiem ir aptuveni līdzīgs, bet eksperimenta maršrutētāju radītais starojums būtiski mainās līdz ar attālumu, krītoties aptuveni eksponenciāli.

2.3. Bezvadu tīklu starojuma stiprumu summēšanas metode

Autori neatrada literatūrā kā aprēķināt divu vai vairāku bezvadu tīklu summāro starojuma stiprumu, jo tā nav tipiski risināta tehniska problēma. Radiosakaros būtiski ir atšķirt lietderīgo signālu no trokšņa, nevis meklēt vairāku lietderīgo signālu summu. Šajā darbā tiek piedāvāta, iespējams, oriģināla summārā starojuma stipruma aprēķināšanas metode. Ir izrisināta formula divu signālu dBm summārā signāla atrašanai, tā izmantojama arī lielākam signālu skaitam. Alternatīva novērtējoša metode būtu ņemt divu eksperimenta spēcīgāko signālu vidējo, bet tā dotu mazāk precīzus rezultātus.

Ja interesētu kāda kanāla datu pārraides kvalitāte, cik liela daļa raidītāja jaudas tiek saņemta/ izšķirta uztvērējā, tad mēģinātu novērtēt tā signāla atšķirību no trokšņa (dBm virs trokšņa līmeņa). Signālu atšķirībai no trokšņa izmanto *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), kas ir nevis attiecība, bet signālu starpība, tos mērot dBm (CISCO, 2015). Tomēr to var uzskatīt par mums mazāk aktuālu, jo arī trokšņa signāls augus nedaudz ietekmē.

Ir izmērītas starojuma stipruma I vērtības 2 kanāliem. Izvedīsim formulu divu bezvadu kanālu summārajam stiprumam, mērītam dBm. Ja stiprumu dBm aprēķina pēc 1.2.2. sadaļā paskaidrotās formulas, starojuma stiprumam (angļu val. *Wi-Fi signal Strengh*)

$$I = 10\ lg(P/1\ mW)$$

Tā kā jauda P ir uzskatāma par aditīvu nekoherentiem viļņu avotiem, tad var izmantot matemātiskas atziņas par

$$lg(a+b).$$

Kā no šejienes viegli ieraudzīt, izmantojot skolas matemātikas zināšanas par logaritmiem, abu kanālu stiprumu var apkopot, izsakot no dotā kanāla stipruma izteiksmes iekavās doto lielumu,

$$y=(P/1\ mW)$$

Tad

$$I/10=lg(y),$$

no kurienes

$$y=10\ I/10$$

No šejienes autori piedāvā metodi summārā divu bezvadu tīkla avotu starojuma stipruma novērtēšanai nekoherentiem 2 vai vairāk kanāliem:

a) izmēra katra kanāla dBm kādā laikā, piemēram, autori veica 18 mērījumus, jo tik daudz vietas bija pierakstam ar roku uz papīra vienā rindiņā (daudzkārtēji mērījumi ļauj novērst nedaudz mainīgo starojuma stipruma I vērtību nejaušu izvēli),

b) aprēķina katra kanāla vidējo stiprumu I_{vid}, dBm,

c) programmā *Microsoft Excel* vai *LibreOffice Calc*, vai ar kalkulatoru zinātniskajā režīmā aprēķina y šiem dBm pēc formulas y=10 I/10,

d) aprēķina summāro 2 kanālu starojuma stiprumu pēc formulas

$$I_{sum}= 10\ lg(y_1 + y_2).$$

Ar šo metodi iegūtais rezultāts ir dots 3.3 tabulā.

3. MĒRĪJUMU REZULTĀTI UN DATU ANALĪZE

3.1. Rezultāti un to analīze par mikroviļņu ietekmi uz puķu augšanu

3.1. tabula

EKSPERIMENTĀ IEGŪTO DATU TABULA PUĶĒM

	Pirmais audzējums					Otrais audzējums		
Augs	Logs	Dīdzī-ba 1. mēģ., %	Vasas vid. garums, cm pirms sausu-ma	Izdzīvo-jušie % pēc sausuma	Vasas beigu vid. garums, cm	Dīdzī-ba 2. mēģ., %	Vasas vid. garums, cm	Saknes vid. garums, cm
Saules-puķe	1	100	14	33	20	100	17	6
	2	100	17	100	14	33	16	3
	3	100	18	66	26	100	17	6
	4	100	17	66	24	100	22	9
Kliņģerī-te	1	0	0	0	0	33	5	4
	2	66	3	0	0	100	8	4
	3	66	4	33	8	100	7	4
	4	33	4	33	6	33	10	5
Astere	1	33	3	33	4			
	2	100	3	33	3			
	3	100	3	100	4			
	4	100	2	66	3			

Tabulās 3.1. (puķēm) un 3.2. (dārzeņiem) ir apkopoti visi iegūtie dati abos audzējumos un aprēķināta dīdzība (uzdīgušās sēklas % no iesētajām), vasas (auga virszemes daļas) vidējais garums pirms sausuma un beigu garums pēc sausuma perioda, un izdzīvojušo augu % pēc sausuma (rēķināts pret iesēto sēklu skaitu).

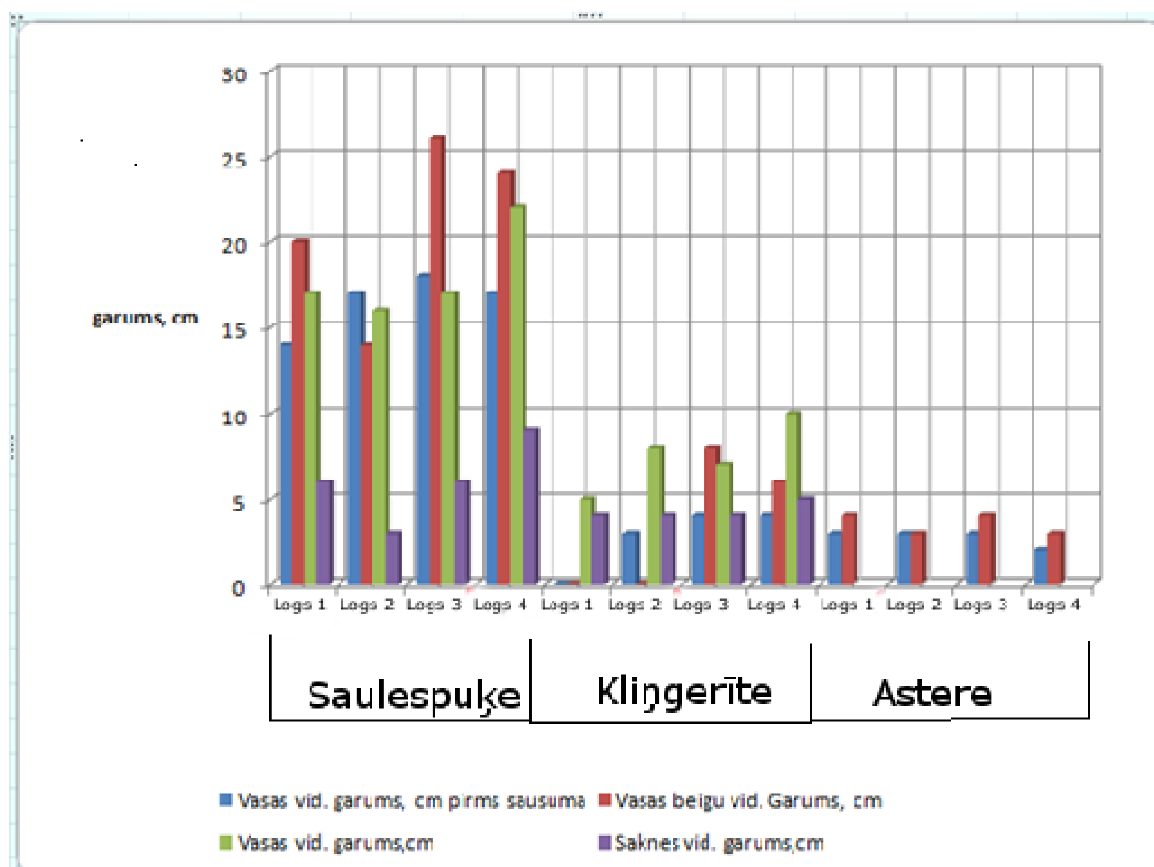
Pēc eksperimenta tika samērītas arī saknes, bet netika konstatēta būtiska sakņu garuma atkarība no attāluma līdz mikroviļņu starojuma avotam, tādēļ sakņu mērījumu rezultāti izrādījās mazāk nozīmīgi un netika izmantoti secinājumiem. Katrā podiņā tika iesēts noteikts skaits sēklu (četras), lai varētu aprēķināt dīdzību pirmajā un otrajā audzējumā.

Dīdzība un augu vasas vidējie garumi atbilstoši tabulām 3.1. un 3.2. doti diagrammās (att. 3.1 un 3.2). Attēlā 3.1 dotajā diagrammā var redzēt, kā atšķiras stādu garumi dažādām puķēm pa palodzēm. 1. palodze ir vistuvāk mikroviļņu avotiem, bet 4. – vistālāk. Diagrammā redzams: ja stādus nelaista, tad vairāk cieš tie, kuri atrodas tuvāk *Wi-Fi* maršrutētājiem. Vasas garumu mērījumu kļūda +/- 0,5 cm. Neraugoties uz pāris izņēmumiem, kopumā ir redzams, ka labāk augušas ir puķes uz 3., 4. palodzes, bet vissliktāk – uz 1. loga palodzes.

3.2. tabula

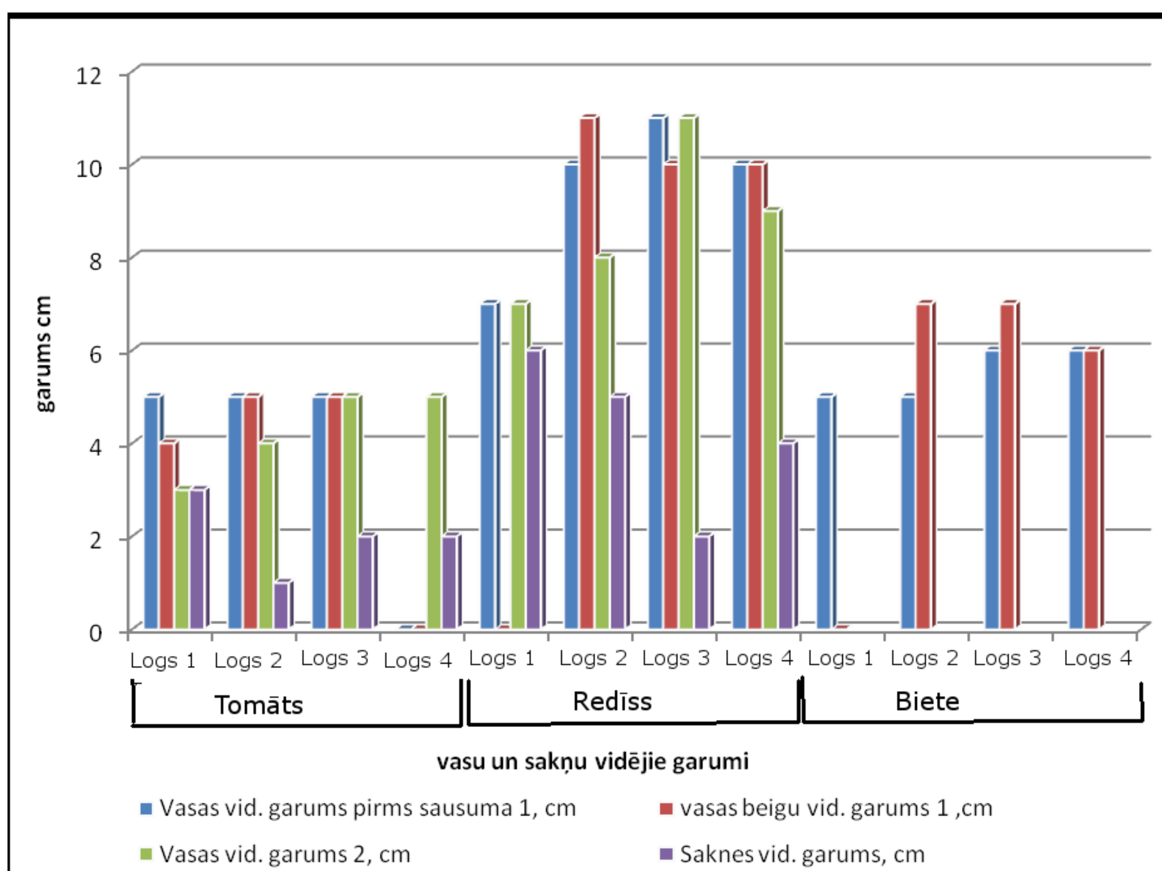
EKSPERIMENTĀ IEGŪTO DATU TABULA DĀRZEŅIEM

Augs	Logs	Pirmais audzējums				Otrais audzējums		
		Dīdzība 1, %	Vasas vid. garums pirms sausuma 1, cm	Izdzīvojušie pēc sausuma 1, %	vasas beigu vid. garums 1 ,cm	Dīdzība 2, %	Vasas vid. garums 2, cm	Saknes vid. garums, cm
Tomāts	1	50	5	50	4	25	3	3
	2	25	5	25	5	50	4	1
	3	25	5	50	5	75	5	2
	4	0	0	0	0	100	5	2
Redīss	1	50	7	0	0	75	7	6
	2	75	10	50	11	100	8	5
	3	75	11	25	10	75	11	2
	4	75	10	75	10	75	9	4
Biete	1	75	5	0	0			
	2	75	5	50	7			
	3	75	6	25	7			
	4	75	6	50	6			



3.1. att. Vasas vidējā garuma, pirmā un otrā audzējuma diagramma puķēm.

No tabulas 3.1. var redzēt, ka, piemēram, saulespuķei tieši pie maršrutētājiem (0,4 m attālumā) vidējais vasas garums ir par 22,2% mazāks nekā vislabāk izaugušajiem stādiem uz trešās palodzes (6 m). Savukārt uz otrās palodzes (3,8 m) saulespuķu vidējais vasas garums ir par 5,6% mazāks nekā uz trešās palodzes. Uz 1. palodzes sausuma periodu izdzīvojušo ir par 50% mazāk nekā uz 3. palodzes. Pārējie eksperimenta rezultāti no šiem tipiskajiem nedaudz atšķiras, tomēr norāda uz to tādu pašu likumsakarību.



3.2. att. Augu vasu un sakņu vidējo garumu diagramma dārzeņiem.

3.2. att. diagramma ir analoga 3.1 att., tikai dota par dārzeņiem (datu tabula 3.2.). Grafikā attēlots augu vasu un sakņu garums pirmajā un otrajā audzējumā. Grafikā doti divi dati ar vasu garumiem no pirmā audzējuma, lai varētu labāk saprast, kā sausuma periods un mikroviļņu starojums ietekmējis to augšanu noteiktā periodā, un var redzēt, ka dažos gadījumos šie divi aspekti ir mainījuši vasu garumus negatīvi, īpaši uz 1. palodzes. Var arī salīdzināt abu audzējumu rezultātus.

3.2. Rezultātu kopsavilkums, izmantojot faktoranalīzes elementus

Problēma darba beigās bija apvienot visus daudzos iegūtos datus kādā pārskatāmā skaitliskā rezultātā. Faktoranalīzes būtība ir apvienot vairākus mērījumus vienā, ja tie visi

atspoguļo kādu latentu, neredzamu, tieši nemērītu lielumu, kurš autorus interesē. Piemēram, aptaujā cilvēki var atbildēt uz jautājumiem par ienākumiem, izglītības līmeni, nodarbošanos, un tie visi asociējas ar latento mainīgo „sociālekonomiskais statuss” (Rahn, 2017).

Šī darba eksperimenta datu latentais mainīgais ir augu attīstība pirmajos mēnešos, tas tiek pētīts atkarībā no mikroviļņu starojuma stipruma. Datus var apvienot ar sarežģītu faktoranalīzes metodi, bet šajā gadījumā visiem datiem ir vienādi svara koeficienti, un to savstarpējā korelācija ir acīmredzama datu tabulās. Tādēļ šī darba robežās tika ieviesta vienkāršota faktoranalīzes elementu metode:

a) par labāko augšanas rezultātu visos mērījumos var uzskatīt 3. palodzi (4. palodzes rezultāti ir tai tuvi, bet mazliet sliktāki, iespējams, dažu ārēju faktoru dēļ, piem., apgaismojums, varbūtēji biežāka loga izmantošana kabineta vēdināšanai),

b) katra auga mērījumiem dotajā laikā dotajā podiņā izrēķina vidējo vērtību (tie doti tabulās 3.1 un 3.2.),

c) šīm vidējām vērtībām 1. un 2. palodzei izrēķina, cik % tās ir no 3. palodzes vērtības,

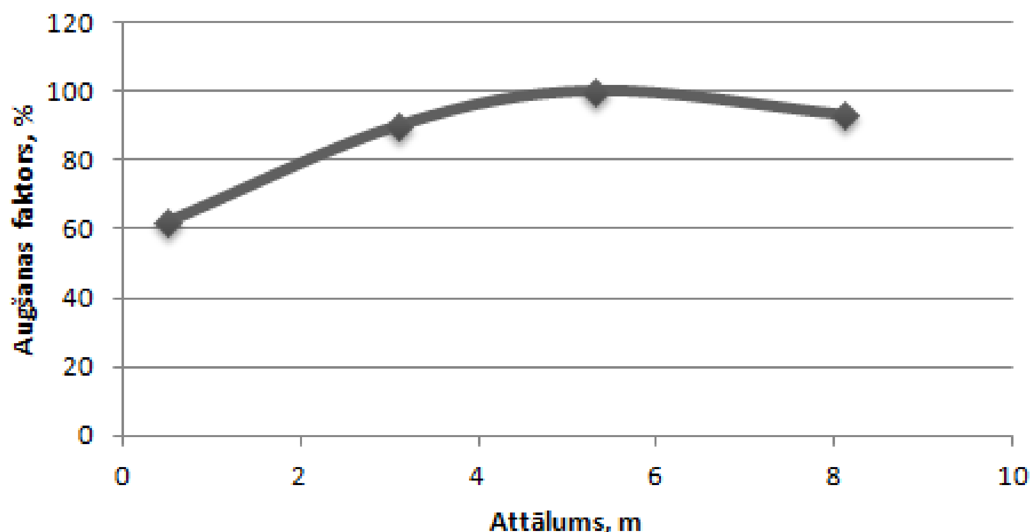
d) izrēķina visu šo procentuālo datu vidējo vērtību katrai palodzei, kas arī būs uzskatāma par „augšanas summāro faktoru” jeb „augšanas faktoru”.

Šīs autoru ieviestās metodes dati (1. un 2. palodzes dati procentos no 3. palodzes datiem) doti tabulā 3.3., kur, piemēram, P1-1 ir 1. puķes dati 1. audzējumā (vidējais no 4 datiem- dīdzība, vasas vidējais garums, izdzīvojušie pēc sausuma, vasas beigu garums), bet P2-1 ir otrās puķes dati 1. audzējumā, D1-2 ir 1. dārzeņa dati 2. audzējumā.

3.3. tabula

VISU EKSPERIMENTĀ IEGŪTO DATU APVIENOJUMS AUGU ATTĪSTĪBAS PIRMAJOS MĒNEŠOS FAKTORĀ

Palo-dze	P1-1	P2-1	P3-1	P1-2	P2-2	D1-1	D2-1	D3-1	D1-2	D2-2	Augšanas faktors	Attā-lums, m
1.	75	0	66	100	52	120	32	46	46	82	61,9	0,5–0,4
2.	100	43	77	63	107	87	125	121	73	103	89,9	2,3–3,8
3.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	4,6–6,0
4.	96	81	76	114	87	0	148	121	116	91	93	8,1



3.3. att. Augšanas faktors atkarībā no attāluma līdz maršrutētājiem, m.

Tabulas 3.3. datu grafiskā reprezentācija ir dota attēlā 3.3, no kuras ir skaidri redzams, ka, attālinoties no *Wi-Fi* mikroviļņu avota, augšanas summārais faktors uzlabojas. Par atskaites punktu (100%) tika izvēlēti vislabāk izaugušie augi uz 3. palodzes. 4. palodzes rezultāta mazliet negaidītā nobīde uz leju atspoguļo relatīvi nelielo mērījumu kļūdu – līdz 7%, kas ir radusies blakus faktoru dēļ (vienā audzējumā tas bija aukstākais logs, otrā – tumšākais).

3.3. Rezultāti un to analīze par maršrutētāju radīto mikroviļņu stiprumu

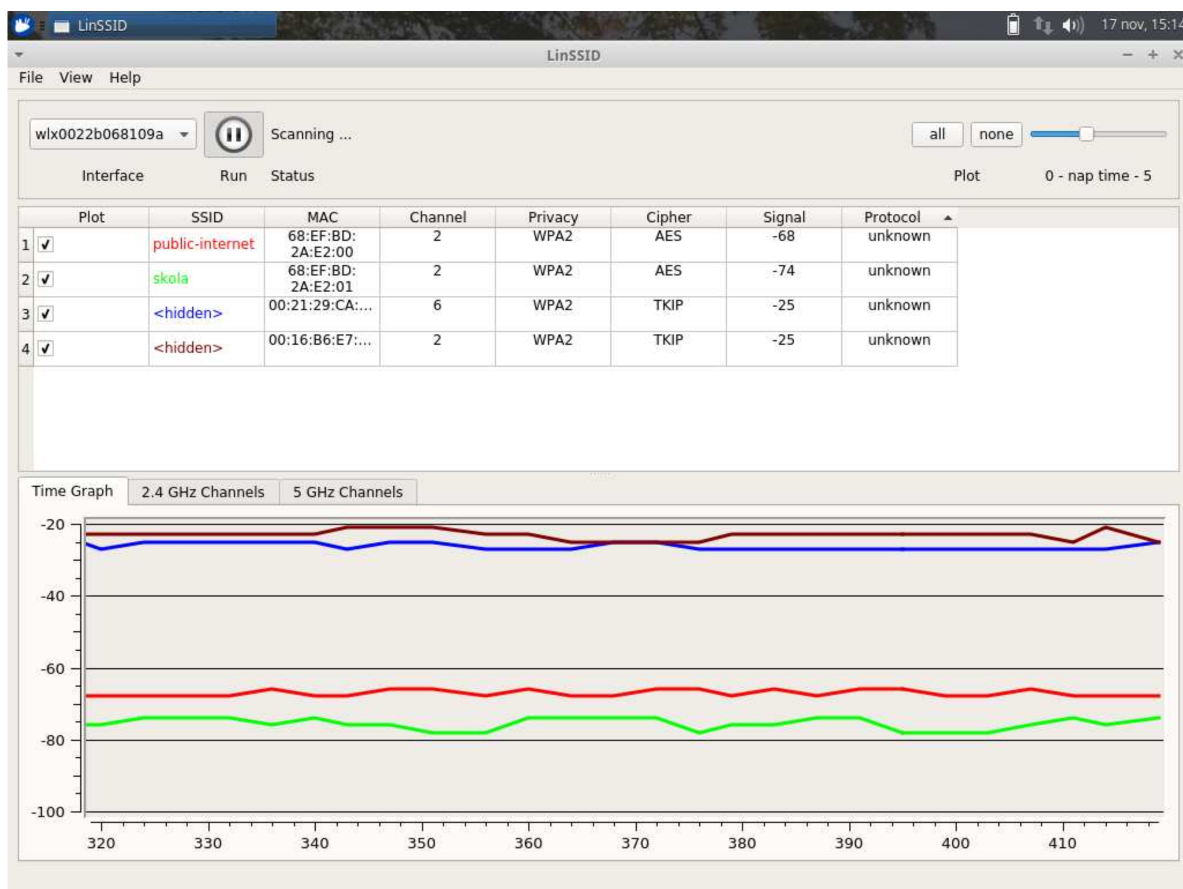
Kā redzams no iepriekš (sadaļā 2.3.) izrisinātās formulas, divu kanālu summāro jaudu vienībās dBm var aprēķināt $I_{sum} = 10\ lg(y_1 + y_2)$. Šo formulu pielietojot visiem kabinetā esošajiem 4 kanāliem (2 eksperimenta un 2 skolas kanāli), to summārā jauda var tikt aprēķināta pēc formulas

$$I_{sum} = 10\ lg(y_1 + y_2 + y_3 + y_4)\ .$$

Tā kā fona skolas kanāli ir relatīvi vāji, tad rezultāts daudz nemainās, vai logaritmiski summē tikai 2 stiprākos vai visus 4 kanālus, tomēr tika izvēlēts pilnvērtīgākais risinājums.

3.4. attēlā ir redzams ekrānuzņēmums no programmas *LinSSID*, kas lietota Linux operētājsistēmā *Xubuntu 16.04 LTS*, tās darbībā skolas fizikas kabinetā pie augiem, kas atradās uz 1. palodzes – vistuvāk mikroviļņu avotiem. Augšējās līknes rāda šajā eksperimentā fizikas kabinetā uzstādīto kanālu stiprumu laikā (aptuveni -25 dBm), bet apakšējās – skolas bezvadu tīkla kanālus fonā (aptuveni -70 dBm).

Linux šajos mērījumos piesaistīja uzmanību ar to, ka šai operētājsistēmai ir atrodamas ļoti daudzas visdažādākās nozīmes bezvadu tīklu detektēšanas, testēšanas un lietošanas programmas, *LinSSID* ir viena no šādiem mērījumiem vispiemērotākajām, daudzfunkcionālākajām un stabilāk strādājošajām programmām. Alternatīvi tika mēģināts mērīt arī ar sīklietotnēm mobilajos tālruņos, iegūtie rezultāti visos gadījumos bija līdzīgi.



3.4. att. *LinSSID* ekrānuzņēmums pie 1. palodzes, kurai blakus atrodas divi Wi-Fi avoti.

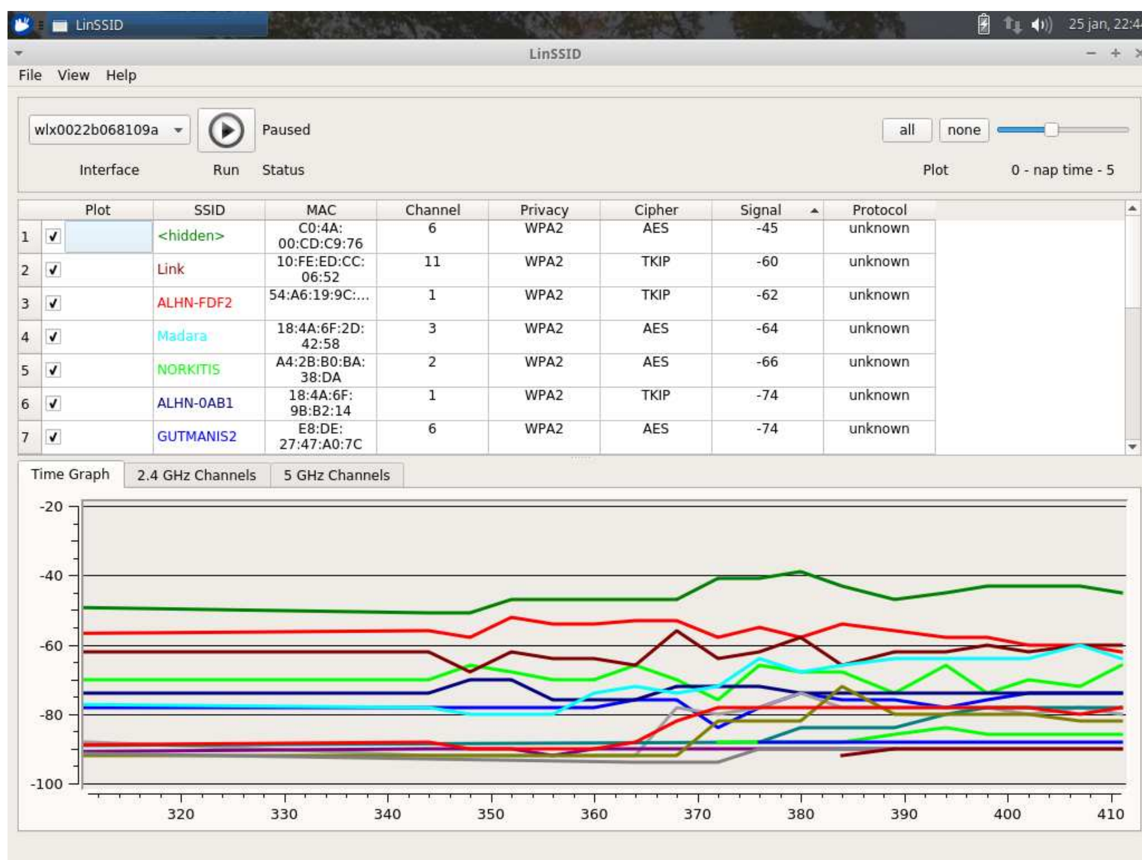
3.3. tabula

MARŠRUTĒTĀJU SIGNĀLU STIPRUMS, DBM

Attālums no maršrutētāja, m	Public-internet vidējais, dBm	Skola vidējais, dBm	Test1 vidējais, dBm	Test2 vidējais, dBm	4 kanālu summ-ārais stiprums, dBm
0,4	-72,4	-70,1	-31,8	-34,1	-29,8
2,3	-77,5	-64,4	-46	-46,7	-43,3
3,8	-54,6	-63,3	-48	-45,8	-43,8
6	-58,2	-55,4	-47	-52,3	-45,9
8,1	-58,2	-66,2	-58	-50,8	-50,0

Tabulā ir redzami visu maršrutētāju signālu stiprumi un summārais 4 kanālu starojuma stiprums pa attālumiem. Pie katra attāluma tika veikti 18 mērījumi un tabulā ierakstīta to vidējā vērtība gan eksperimenta maršrutētāju bezvadu tīkliem *Test1* un *Test2*, gan diviem skolas tīkla maršrutētāja bezvadu tīkliem *Public-internet* un *Skola*. Citi signāli skolas fizikas kabinetā netika konstatēti. 1. augu kastīte atradās 0,4–0,5 m no maršrutētājiem, 2. – 3,8 m, 3. – 6 m un 4. – 8.1 m attālumā. Kā rāda dati un fotoattēli darba 2. pielikumā, būtiski sliktāki augšanas un sausuma pārdzīvošanas rezultāti bija pirmajā kastītē – starojuma stiprums -29,8 dBm (aptuveni -30 dBm) uzskatams par sarkano apgabalu. Mazliet sliktāki rezultāti bija 2. kastītē (stiprums 43,8 dBm varētu būt apzīmēts ar dzelteno – brīdinājuma krāsu).

Savukārt 3. un 4. kastīte nebija būtiski ietekmēta, no kā var secināt, ka atrašanās 6 metru attālumā ir droša un signāla stiprums -45,9 dBm (aptuveni -46 dBm) un mazāk nav šādā īslaicīgā eksperimentā konstatējams par kaitīgu. Tātad, -46 un zemāki dBm ir starojuma stiprumu zaļā zona, interneta lietošanai reāli pietiek ar vājākiem stiprumiem pat video straumēšanai (-61…-75 dBm). 3,8 m (~4m) attālumā 2 parastu sadzīves maršrutētāju starojums, tiem darbojoties ar maksimālo jaudu, atstāj nelielu, bet pamanāmu ietekmi. Skat. fotoattēlus 2. pielikumā. No šiem mērījumiem izriet, ka drošs bezvadu tīklu summārais stiprums ir aptuveni -46 dBm, kas ir aptuveni 6 metru attālumā. Mērījumu kļūdas I, dBm mērījumos ir aptuveni 7,5%, kas labi saskan ar, mūsuprāt, blakus faktoru radīto augšanas faktora kļūdu 7%.



3.5. att. LinSSID ekrānuzņēmums parastā Baldones 3 stāvu daudzdzīvokļu mājas dzīvoklī.

3.5. attēlā ir redzama mikroviļņu situācija parastā Baldones 3 stāvu daudzdzīvokļu mājas dzīvoklī, kurā dotajos brīžos bija identificējami vismaz 17 kanāli. Tas uzskatāmi parāda, ka pārlieka mikroviļņu starojuma klātbūtne ikdienā ir sabiedriski nozīmīga problēma. Tomēr atrasto kanālu skaits pats par sevi nevar būt panikas cēlonis, jo lielākā daļa kanālu ir ļoti vāji. Tā kā decibels dB un dBm ir logaritmiskas vienības, tās atspoguļo ne lieluma absolūtās vērtības, bet to pakāpes, līdz ar to šajā gadījumā summa nebūs daudz lielāka par stiprākā tīkla stiprumu.

Toties minētajā parastajā dzīvoklī *LinSSID* (skat. 2. attēlu) rāda šādus 17 tīklus ar dBm: -45, -60, -62, -64, -66, -74, -74, -78, -78, -80, -82, -86, -88, -90, -90, -110, -110. To aprēķinātais kopējais stiprums ir -44.668 dBm. Interesanti, ka nozīme ir tikai pirmajiem stiprākajiem, tā pirmie 5 dod -44.695, pirmie 3 dod -44.78. Tā kā logaritms atspoguļo skaitļa kārtu, tad tā arī jābūt, faktiski nozīme ir pirmajam stiprākajam, kas šeit ir -45 dBm, kas ir istabā, pārējie ienāk caur sienām un būtiski situāciju nepasliktina. Ja izslēdzam savu maršrutētāju, kaimiņu fons ir -56.165, arī te nozīme tikai stiprākajam vai pirmajiem stiprākajiem, pirmie 5 dod -56.343, bet pirmie 3 - -56.926, pirmie 2 - -57.875, bet 1 pirmais ir -60. Tātad, ja pētījums liecina, ka kaitīgs ir starojuma stiprums ap -45 dBm, tad redzams, ka to savā istabā var radīt vairumā gadījumu katrs pats, kaimiņi tādu I nesasniedz, kaut tālu -56 dBm nav, tātad risks tomēr ir. Savukārt mobilo operatoru torņu signāls dažviet var būt desmitos dBm virs 0, bet tā nav šī darba tēma.

Balstoties uz šī pētījuma teorētiskās un praktiskās daļas secinājumiem, autori var dot sabiedrībai dažus ieteikumus. Kaut arī netika pētīta tieši ietekme uz cilvēku veselību, literatūras studijas norāda uz mikroviļņu starojuma kaitīgumu veselībai, līdz ar to var ekstrapolēt datus, kas iegūti, pētot starojuma ietekmi uz augiem, arī uz cilvēkiem, visvairāk to augšanas posmā. **Varam piedāvāt drošas bezvadu tīklu lietošanas dažus svarīgus ieteikumus:**

1) neieslēgt bezvadu maršrutētājus uz pilnu jaudu, bet katrā konkrētajā situācijā ieregulēt mazāko jaudu, pie kuras ir pietiekama tīkla uztveramība un datu joslas platums,

2) novietot maršrutētāju vismaz 4–6 m no darba, atpūtas un naktsmiera vietām,

3) izslēgt savas bezvadu tīkla iekārtas, kad tās netiek lietotas, jo visbūtiskākā ietekme ir tieši tajā pašā telpā esošajām ierīcēm,

4) sarunāties ar kaimiņiem un abpusēji informēt par bezvadu raidītāju atrašanās vietām (lai tās, piemēram, nav tuvu zīdaiņa gultiņai),

5) mobilajos telefonos instalēt sīklietotni, piem., *WiFi Analyzer*, kas ļauj atrast bezvadu tīklus, ieskaitot slēptos, un tādējādi ikdienā novērtēt drošības situāciju, izvairoties ilgstoši atrasties vietās, kurās signāla stiprums ir virs relatīvi nekaitīgā stipruma, aptuveni -46 dBm (tātad, jau -45 dBm mēs uzskatām par nozīmīgi kaitīgu),

6) nākotnes maršrutētāji varētu automātiski iestatīt minimālo pietiekamo stiprumu.

SECINĀJUMI

Eksperiments tika veikts, lai pārbaudītu, vai bezvadu *Wi-Fi* maršrutētāji, radot mikroviļņu starojumu, būtiski ietekmē augu attīstību. Pētījuma laikā un eksperimenta rezultātos bija redzams, ka augi, kuri atradās tuvāk maršrutētājam un līdz ar to bija pakļauti stiprākam mikroviļņu starojumam, bija īsāki un mazākā skaitā izdīguši, salīdzinot ar augiem, kuri atradās tālāk no maršrutētāja. Ļoti ietekmēti bija augi 0,4–0,5 m attālumā no maršrutētājiem.

Var apgalvot, ka pētījuma hipotēze „Sadzīves *Wi-Fi* maršrutētāju mikroviļņu starojums nelielos attālumos ir kaitīgs dzīvajam, bet ir iespējama arī droša *Wi-Fi* lietošana" ir apstiprinājusies, un darbā tiek piedāvāti arī konkrēti skaitliski rezultāti.

1. secinājums. Vistuvāk (0,4–0,5 m) no mikroviļņu *Wi-Fi* maršrutētājiem augušie augi uzrādīja par aptuveni 38% sliktāku summāro augšanas faktoru nekā tālāk, piemēram, uz 3. palodzes (4,6 m pirmajā audzējumā un 6,0 m otrajā audzējumā), augušie paraugi. Savukārt uz 2. palodzes (2,3–3,8 m no raidītājiem) rezultāti bija par 10% sliktāki nekā uz 3. palodzes. Mērījumu summārā neprecizitāte, kuru galvenokārt rada blakus faktori, ir aptuveni 7%.

2. secinājums. Uz pilnu jaudu ieslēgts sadzīves bezvadu maršrutētājs ir nekaitīgs, atrodas aptuveni vismaz 4,5–6 metru attālumā, bet ir nedaudz, kaut tomēr pamanāmi kaitīgs aptuveni līdz 2,3–4 m attālumam, ārkārtīgi kaitīgi dzīvajam ir atrasties aptuveni 0,5 m attālumā no maršrutētāja.

3. secinājums. No iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka mikroviļņu starojums, kas nāk no bezvadu *Wi-Fi* maršrutētājiem, būtiski ietekmē augu attīstību. Augiem nekaitīgs ir mikroviļņu signālu summārais stiprums -46 dBm (+/- 7%) un mazāks, -45 dBm var uzskatīt jau par kaitīgu. Literatūrā jau -61…-75 dBm ir uzskatīts par labu *Wi-Fi* signālu, tā ka -46 dBm pārsniegt nav iemesla.

Balstoties uz fizikas un medicīnas starpnozaru pētījumu literatūras studijām, autori uzdrošinās apgalvot, ka iegūtie rezultāti aptuveni var būt attiecināmi arī uz cilvēkiem, bet tas prasa tālākus pētījumus nākotnē.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. CISCO. Wireless LAN Design Guide for High Density Client Environments in Higher Education. 2015 - http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1250-series/design_guide_c07-693245.html, 22.01.2017.
2. Dr. Edward. *10 Shocking Facts about the Health Dangers of WiFi.* Pieejams: http://www.globalhealingcenter.com/natural-health/10-shocking-facts-health-dangers-wifi/
3. R. Douglas. *Mind control by cell phone.* Pieejams: https://www.scientificamerican.com/article/mind-control-by-cell/
4. Dr. Sircus, Human voltage. 2016, pieejams http://drsircus.com/general/human-voltage/ 22.01.2017.
5. IEEE, 2017. "IEEE-SA Standards Board Operations Manual" - https://standards.ieee.org/develop/policies/opman/sect8.html, 02.01.2017.
6. P. Liptai, M. Moravec, M. Badida. ANALYSIS AND COMPARISON OF ELECTROMAGNETIC FIELDS RADIATED BY THE SELECTED EQUIPMENT. GeoConference on Ecology, Economics, Education and Legislation. Section Ecology and Environmental Protection. Slovakia, 2013.
7. Support.Bluesound, 2016 pieejams: https://support.bluesound.com/hc/en-us/articles/201940663-What-should-my-Wireless-Signal-Strength-be-for-best-performance-
8. P. Puķītis. Fizika 12. klasei. Rīga, Zvaigzne ABC, 2013.
9. Maike Rahn. Factor Analysis: A Short Introduction, Part 1. Pieejams http://www.theanalysisfactor.com/factor-analysis-1-introduction/, 10.02.2017.
10. Samantha Hui, Elise Marion, Are cellphones safe. Pieejams: http://www.alternativesjournal.ca/science-and-solutions/are-cellphones-safe, 03.12.2016
11. L. Siliņa. *Zaļā dzīves veida žurnāls*, 2009, Nr.11, 54.lpp.
12. Mehmet Zulkuf Akdag, Suleyman Dasdag. Does prolonged radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi devices induce DNA damage in various tissues of rats? Pieejams: Journal of Chemical Neuroanatomy 75 (2016) 116–122
13. Mustafa Nazıroğlu , Murat Yüksel, Seyit Ali Köse, Mehmet Okan Özkaya. Recent Reports of Wi-Fi and Mobile Phone-Induced Radiation on Oxidative Stressand Reproductive Signaling Pathways in Females and Males. Pieejams http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00232-013-9597-9 12.10.2016)

14. Marko Markov1 & Yuri G. Grigoriev. Wi-Fi technology – an uncontrolled global experiment on the health of mankind pieejams: Electromagnetic Biology and Medicine, June 2013; 32(2): 200–208
15. Suleyman Dasdag, Muzaffer Taos. Effect of long-term exposure of 2.4 GHz radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi equipment on testes functions pieejams: Electromagn Biol Med, 2015; 34(1): 37–42

PIELIKUMI

1. pielikums. Datu tabulas

1. tabula. Visa datu tabula pirmajam puķu audzējumam

		06.10.2016	13.10.2016			20.10.2016	27.10.2016		
Augs	Logs	Vasas garums, cm	Vasas garums, cm	Dīdzī-ba %	Vasas vidējais garums, cm	Vasas garums, cm	Vasas ga-rums, cm	Dī-dzī-ba %	Vasas vidēj ais garu ms, cm
Saules-puķe	1	16;15;10	16;16;11	100	14	20;18;12	20	33	20
	2	17;17;14	20;19;14	100	17	22;19;12	17;14; 12	100	14
	3	1615;15	19;19;18	100	18	22;21;16	28;23	33	26
	4	16;13;8	22;16;13	100	17	25;20;14	26;21	33	24
	5	18;16;16	29;25;19	100	24	27;24;20	25;16	33	21
Kliņģe-rīte	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	3;1	3;2	66	3	0	0	0	0
	3	4	4;4	66	4	8	8	33	8
	4	4	4	33	4	5	6	33	6
	5	2	2	33	2	0	0	0	0
Astere	1	3	3	33	3	3	4	33	4
	2	3;3;2	3;3;3	100	3	3;3	3	33	3
	3	3;3;2	5;3;2	100	3	3;3;1	4;4;3	100	4
	4	3;3;1	3;3;1	100	2	3;3	4;3	66	3
	5	4	2	33	2	4	8;9	66	9

2. tabula. Visa datu tabula puķu otrajam audzējumam

		25.11.2016	01.12.2016	09.12.2016				
Augs	Logs	Vasas garums, cm	Vasas garums, cm	Vasas garums, cm	Dīdzī-ba %	Vasas vidējais garums, cm	Saknes garums, cm	Saknes vidējais garums, cm
Saulespuķe	1	14;11	20;16	23;18;10	100	17	7;7;5	6
	2	12	1;16	16	33	16	5;1	3
	3	11;11;9	17;15	24;17;9	100	17	7;5;5	6
	4	14;13;12	19;17;17	24;22;20	100	22	10;8;8	9
Kliņģerīte	1	5	6	5	33	5	4	4
	2	19;9;9	10;10	8;9;7	100	8	4;4;4	4
	3	9;8;5	10;8;6	9;8;6	100	7	4;4;4	4
	4	10	10	10	33	10	5	5

3. tabula. Visa datu tabula pirmajam dārzeņu audzējumam

		06.10.	13.10.	20.10.	20.10.	20.10.	27.10.		
Augs	Logs	Vasas garums, cm	Vasas garums, cm	Vasas garums, cm	Vasas vid. garums pirms sausuma, cm	Izdzīvojuši e pēc sausuma, %	Vasas garums, cm	Dīdzība, %	Vasas vid. garums, cm
Tomāts	1	5;4;3	5;5	3	5	50	4;4	50	4
	2	4	5	5	5	25	5	25	5
	3	5	5	5;3	5	50	7;3	25	5
	4				0	0		0	0
Redīss	1	9;3	5;9	4	7	0		50	0
	2	10;10;9	10;11;9	11;10	10	50	12;10	75	11
	3	10;11;4	12;12;9	10;10;6	11	25	10	75	10
	4	10;9;8	10;10;10	10;10;10	10	75	10;10;9	75	10
Biete	1	4;5;5	4;5;5		5	0		75	0
	2	5;5;6	5;5;6	5;5;4	5	50	7;6	75	7
	3	6;6;5	5;6;6	7;5;4	6	25	7	75	7
	4	6;6;5	5;6;6	6;7;8	6	50	6;7	75	6

4. tabula. Visa datu tabula otrajam dārzeņu audzējumam

		25.11.	01.12.	09.12.				
Augs	Logs	Vasas garums, cm	Vasas garums, cm	Vasas garums, cm	Dīdzība, %	Vasas vid. garums, cm	Saknes garums, cm	Saknes vid. garums, cm
Tomāts	1	4	5;4	3	25	3	3;2	3
	2	3	4;4	5;3	50	4	1	1
	3	2;1	4;5	4;4;5;5	75	5	2;4;1;1	2
	4	5;3;2;1	4;5;4;5;5	5;5;2;4;3	100	5	3;2;3;1;2	2
Redīss	1	9;9	9;9;6	8;8;5	75	7	3;9;5	6
	2	11;8;7;2	12;8;8;4	10;8;7;3	100	8	3;6;4;5	5
	3	10;11;11	10;11;11	10;12;10	75	11	3;2;1;3	2
	4	9;9;7	7;9;10	8;10;10	75	9	6;2;4	4

2. pielikums. Attēli ar eksperimenta paraugiem



1. att. 1. audzējuma 1. kastīte pēc 2 nedēļām, vistuvākā Wi-Fi mikroviļņu avotam (darba autoru foto).



2. att. 1. audzējuma 2. kastīte pēc 2 nedēļām, tālāk no Wi-Fi mikroviļņu avota (darba autoru foto).



3. att. 1. audzējuma 3. kastīte pēc 2 nedēļām, vēl tālāk no Wi-Fi mikroviļņu avota (darba autoru foto).



4. att.1. audzējuma 4. kastīte pēc 2 nedēļām, vistālāk no Wi-Fi mikroviļņu avota (darba autoru foto).



5. att. Abu audzējumu 1. kastīte eksperimenta beigās, vistuvākā Wi-Fi mikroviļņu avotam (darba autoru foto).



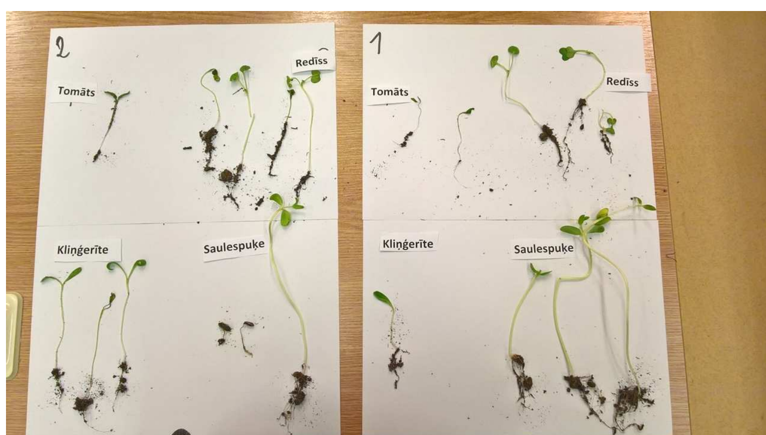
6. att. Abu audzējumu 2. kastīte eksperimenta beigās, tālāk no Wi-Fi mikroviļņu avota (darba autoru foto).



7. att. Abu audzējumu 3. kastīte eksperimenta beigās, vēl tālāk no Wi-Fi mikroviļņu avota (darba autoru foto).



8. att. Abu audzējumu 4. kastīte eksperimenta beigās, vistālāk no Wi-Fi mikroviļņu avota (darba autoru foto).



9. att. 2. Audzējuma puķes un dārzeņi no 1., 2. kastītes (darba autoru foto).



10. att. 2. Audzējuma puķes un dārzeņi no 1., 2. kastītes (darba autoru foto).



11. att. Eksperimenta kopskats Baldones vidusskolas fizikas kabinetā (darba autoru foto)

Apliecinājums.

Es, Lauris Dūzelis, Modris Vonda, ar savu parakstu apliecinu, ka zinātniski pētnieciskais darbs „Wi-Fi maršrutētāju mikroviļņu starojuma ietekme uz augiem” ir izstrādāts patstāvīgi, nav bijis publicēts pilnā apjomā.

Darba autors Lauris Dūzelis

____

paraksts

Darba autors Modris Vonda

____

paraksts

Darba vadītājs Imants Gorbāns

____

paraksts

17.02.2017.